

На правах рукописи

Исаева Марина Валериевна

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
ОСНОВНЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Казань 2009

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина»

Научный руководитель: доктор географических наук, профессор
Переведенцев Юрий Петрович

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор
Калинин Николай Александрович
кандидат географических наук,
старший научный сотрудник
Хайруллин Камиль Шейхович

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского»

Защита диссертации состоится 29 декабря 2009 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д.212.081.20 в Казанском государственном университете им. В.И. Ульянова-Ленина по адресу: г. Казань, ул. Кремлевская, 18, корп.2, ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. Н.И.Лобачевского ГОУ ВПО «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина».

Автореферат разослан «_____»ноября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук, доцент

Хабутдинов Ю.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Биоклимат территории - важный природный ресурс, от состояния которого зависит комфортность ощущений и самочувствие человека, работоспособность, производительность труда и здоровье организма в целом. Исследуя влияние изменений метеорологических условий на адаптационные механизмы, можно решить проблему сохранения здоровья человека в условиях ухудшения среды обитания.

Особую важность приобретают исследования, в задачу которых входят биоклиматическая оценка и территориальная дифференциация биоклиматических условий на региональном уровне. Биоклиматическая оценка – определение положительных и отрицательных воздействий различных климатических факторов и их комплексов на организм – выявляет медико-климатический потенциал территории для рационального использования ландшафтно-климатических условий в здравоохранении и рекреации.

Актуальность работы в целом обусловлена необходимостью:

- оценки комфортности климатических условий для проживания населения по территории Приволжского Федерального Округа (ПФО);
- планирования работ по эффективному обеспечению максимально безопасных условий и режима труда и отдыха населения в пределах исследуемого региона;
- проектирования и строительства домов, обеспечивающих комфортность проживания во все сезоны года;
- определения продолжительности и сезонности рекреационной деятельности;
- решения проблемы адаптации человека к изменениям климата в период глобального потепления;
- определения безопасных пределов напряжения организма спортсменов во время рекреационных и спортивных мероприятий в дискомфортных условиях погоды.

Целью данной работы является оценка биоклиматических ресурсов ПФО и анализ пространственно-временного распределения климатической комфортности рассматриваемой территории по рассчитанным значениям биоклиматических показателей.

Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие **задачи**:

1. Выявление особенностей климатических условий исследуемой территории за последние десятилетия.

2. Расчет биоклиматических показателей и построение карт-схем их пространственно-временного распределения на территории ПФО.

3. Определение зон климатического комфорта и анализ территориального распределения биоклиматических ресурсов ПФО.

4. Оценка тенденций временных изменений биоклиматических показателей.

5. Сравнение биоклиматических условий города Казани и его окрестностей.

В качестве **исходных** использованы статистические данные (с 1966 по 2004 год) ВНИИГМИ МЦД г. Обнинска сети станций Приволжского округа, справочники по климату СССР, а также срочные ежедневные наблюдения авиационной метеорологической станции гражданской (АМСГ) «Казань» и станции Казань, университет (с 2004 по 2007 год), послужившие основой для расчетов биоклиматических показателей.

Методологическую основу работы составляют широко используемые в биоклиматологии, курортологии и гигиенической практике температурные шкалы (эффективные температуры (ЭТ), эквивалентно-эффективные температуры (ЭЭТ), радиационно-эквивалентно-эффективные температуры (РЭЭТ), приведенные температуры В.Н.Адаменко-К.Ш.Хайруллина, биологически активные температуры) и индексы (Бодмана, Хилла, патогенности). В работе применяются биоклиматические, статистические и картографические приемы обработки информации.

Научная новизна:

- Впервые произведен расчет комплекса биоклиматических показателей по сети станций ПФО (144) по единой методике для периода 1966-2004 гг.

- Выявлены зоны комфортных погодно-климатических условий и их пространственное распределение в различные сезоны года на исследуемой территории.

- Рассчитаны временные тенденции изменения биоклиматических показателей ПФО в условиях глобального потепления климата.

- Выполнено сравнение биоклиматических условий крупного промышленного города и его пригорода.

Основные положения и результаты, выносимые на защиту:

1. Распределение основных биоклиматических показателей на территории ПФО характеризуется сравнительно большой пространственной неоднородностью и временной изменчивостью в различные периоды года с формированием отдель-

ных локальных очагов их значений, обусловленных процессами различного масштаба.

2. Дискомфортные погодно-климатические условия на территории ПФО формируются в холодное время года под влиянием атмосферной циркуляции и благоприятствующего рельефа, создающих условия для проникновения различных воздушных масс. Определяющими факторами климатического дискомфорта в этот период являются низкая температура воздуха и скорость ветра.

3. Период с мая по сентябрь характеризуется как комфортный. На станциях, имеющих самое южное расположение при этом наиболее вероятны условия термического перегрева.

4. Оценка временных тенденций изменения биоклиматических показателей исследуемой территории свидетельствует об улучшении биоклиматических условий в холодный период года и более стабильных в теплое время года.

Практическая ценность. Полученные результаты и выводы диссертационной работы могут быть использованы:

- для рационального текущего и перспективного размещения производственных комплексов на исследуемой территории;
- для биоклиматического обоснования выбора зон отдыха, туризма и проектирования оздоровительных учреждений;
- для прогнозирования и профилактики сезонных заболеваний;
- при выборе наиболее продуктивного режима труда на открытом воздухе (продолжительности, частоты и длительности перерывов);
- при проведении на открытом воздухе спортивных мероприятий регионального и международного уровня;
- для использования методик подобных исследований на других территориях;
- использование теоретических и методических положений в учебном процессе при чтении курсов «Рекреационная география», «Учение об атмосфере», «Климатология» при подготовке метеорологов, геоэкологов, туристов на факультете географии и экологии КГУ;
- использование в научной работе специалистами в области метеорологии.

Апробация работы. Результаты исследований изложены в 9 публикациях. Основные положения, теоретические и прикладные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались:

- на итоговых научно-практических конференциях и научных семинарах кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского государственного университета, 2007, 2008, 2009 гг.;

- на межрегиональном научном семинаре «Геоэкологические проблемы Среднего Поволжья», г. Ульяновск, май 2008г.;

- на Всероссийской научной конференции «Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления», г. Туапсе, сентябрь-октябрь 2008 г.;

- на Всероссийской научной конференции «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований», 19-22 мая 2009, г. Казань;

- на научной конференции, посвященной 175-летию Росгидромета, 25-29 мая 2009, г. Москва.

Структура и объем диссертационной работы: диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Общий объем диссертации (без приложений) составляет 140 страниц, включая 26 рисунков и 3 таблицы, 41 приложение. Список использованных источников содержит 126 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко освещено состояние проблемы, обоснована актуальность темы, поставлены цель и задачи работы, перечисляются основные положения, выносимые на защиту, указывается новизна, научная и практическая значимость.

Глава 1. Природные условия и их влияние на организм человека.

Взаимодействие человека и погодных условий по-прежнему недостаточно изучено и является одним из наиболее активно разрабатываемых направлений биоклиматологии, которому посвящено множество работ в области физической географии, экологии, климатологии, биометеорологии, экологической климатологии, медицинской географии Мезерницкого П.Г., Ассмана Д., Будыко М.И., Айзенштата Б.А., Бокши В.Г., Циценко Г.В., Головиной Е.Г., Русанова В.И., Золотокрылина А.Н., Кобышевой Н.В., Адаменко В.Н., Хайруллина К.Ш., Карпенко В.Н., Исаева А.А., Виноградовой В.В., Андреева С.С., Рыхлова А.Б., Волковой Л.С. и др.

Погода и климат ПФО в основном определяются атмосферной циркуляцией, и особенно преобладанием западных потоков воздуха, что обуславливает существенное влияние на местный климат атлантических воздушных течений, которые смягчают и увлажняют его. Вместе с тем сюда поступают и воздушные массы, сформировавшиеся в других, в том числе арктических, и резко континентальных районах Сибири, Казахстана и Средней Азии. В случае ослаблений внешних воздействий пришедшие воздушные массы под влиянием местных трансформацион-

ных факторов приобретают свойства данного географического района. Влияние местных условий (мезо- и микрорельеф, растительность, почва, непосредственная близость водоемов, застройка территории) порождает климатические вариации различной интенсивности на фоне устойчивых атмосферных процессов.

Особенностью зимы является интенсивная циклоническая деятельность, сопровождаемая усилением западного переноса, что наиболее четко проявляется в распределении температуры воздуха. Изотермы зимних месяцев имеют почти меридиональное направление. Средняя температура января меняется с юго-запада на северо-восток и восток: от $-8,8^{\circ}$ до $-18,0^{\circ}\text{C}$. Зима на исследуемой территории длится от трех с половиной до пяти и более месяцев.

Продолжительность лета уменьшается с юга на север и северо-восток от четырех, четырех с половиной до трех, трех с половиной месяцев. Летом погода формируется за счет трансформации воздушных масс, чему способствует большой приток солнечной энергии. Циклоническая деятельность в летнее время уменьшается, особенно в восточной части территории. Поэтому летом преобладает жаркая сухая погода, особенно на юге Заволжья и на востоке Оренбургской области.

В связи с довольно большой протяженностью ПФО с севера на юг (около 1200 км) и с запада на восток (1000 км) радиационный режим здесь варьирует в значительных пределах. Радиационный баланс является ведущим компонентом теплового баланса деятельной поверхности, который определяет величину и знак потоков тепла в атмосферный воздух и почвенный покров, процессы испарения или конденсации. Наиболее солнечным является период с апреля по август.

Кроме радиационных и циркуляционных факторов, на температуру воздуха летом оказывают влияние подстилающая поверхность и условия рельефа. По этой причине распределение всех температурных характеристик имеет некоторое отклонение от зонального. Примером может служить распределение средних месячных температур июля, где на возвышенностях (Приволжская, Бугульминско-Белебеевская, Южный Урал) и в районах с большой лесистостью (Кировская область, Пермский край, север Нижегородской области) воздух более прохладный. На территории Приволжского округа среднеиюльская температура воздуха изменяется от $15,9^{\circ}\text{C}$ (север Пермского края) до $21,4^{\circ}\text{C}$ (юго-восток Саратовской области).

Наблюдаемые на территории ПФО в последние десятилетия изменения климата в условиях глобального потепления характеризуется повышением температуры холодного сезона, уменьшением количества осадков в теплый период года, возрастанием числа засух, более частой повторяемостью опасных гидрометеоро-

логических явлений. Последствия этих и других эффектов существенным образом влияют на деятельность различных секторов экономики и на здоровье человека. Поэтому оценка современных климатических ресурсов и их возможных изменений в будущем является основой для выработки долгосрочной стратегии планирования в различных отраслях производства, а также организации отдыха и туризма.

Глава 2. Методика расчета биоклиматических показателей.

Биоклиматические показатели и ресурсы представлены применительно к человеку и характеризуют связь климата с его тепловым состоянием, здоровьем, особенностями рекреации и санитарно-гигиенической оценкой в естественных условиях. Выделены следующие составляющие биоклиматических ресурсов:

- рекреационно-климатические ресурсы;
- санитарно-гигиенические климатические ресурсы для градостроительства;
- физиолого-климатические ресурсы теплового состояния человека;
- лечебно-профилактические климатические ресурсы для основных видов заболеваний (сердечно-сосудистых, заболеваний органов дыхания, ревматических и простудных, туберкулеза и глазных).

Для оценки теплового состояния человека разработан ряд биоклиматических показателей, которые позволяют определить уровень его тепловой или холодовой нагрузки в летнее и зимнее время года. В результате анализа публикаций и работ, посвященных разработке и описанию многочисленных биоклиматических индексов, показателей и критериев оценки уровня комфорта, тщательного изучения и сопоставления, были отобраны следующие биоклиматические показатели:

- эффективная температура неподвижного воздуха (ЭТ)

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10)(1 - f/100), \quad (1)$$

где f – относительная влажность воздуха; t – температура воздуха в градусах Цельсия;

- эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) - показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра

$$ЭТ = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}} - 0,29t(1 - \frac{f}{100}) \quad (2)$$

где $ЭТ$ - ЭЭТ, t - температура воздуха, °C; f – относительная влажность, %; v - скорость ветра, м/с;

- индекс суровости по Бодману (S)

$$S = (1 - 0,04t)(1 + 0,27v), \quad (3)$$

где S – индекс суровости (баллы), t – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), v – скорость ветра (м/с);

- приведенная температура по Адаменко и Хайруллину ($t_{\text{прив}}$)

$$t_{\text{прив}} = t_{\text{г}} - 8,2\sqrt{V}, \quad (4)$$

где $t_{\text{прив}}$ – приведенная температура, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{г}}$ – фактическая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; V – скорость ветра, м/с;

- индекс ветрового охлаждения по Хиллу (H_w)

$$H_w = H_d + (0,085 + 0,102v^{0,3})(61,1 - e)^{0,75}, \quad (5)$$

где $H_d = (0,13 + 0,47v^{0,5})(36,6 - t)$; v – скорость ветра, м/с; t – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; e – упругость водяного пара, гПа;

- радиационно-эквивалентно-эффективные температуры (РЭЭТ)

$$\text{РЭЭТ} = 125 \lg[1 + 0,02T + 0,001(T - 8)(f - 60) - 0,45(33 - T)\sqrt{V + 185B}], \quad (6)$$

где T – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; f – относительная влажность воздуха, %; V – скорость ветра, м/с; B – поглощенная поверхностью тела солнечная радиация, кВт/м²;

В соответствии с рекомендациями Е.Г.Головиной и В.И.Русанова (1993), РЭЭТ может быть рассчитана по формулам:

$$\text{РЭЭТ} = \text{НЭЭТ} + 6,2^{\circ}\text{C} \quad (7)$$

$$\text{или } \text{РЭЭТ} = 0,83\text{ЭЭТ} + 12^{\circ}\text{C}, \quad (8)$$

где НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура, ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура по Миссенарду;

- нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ) – показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра для одетого человека

$$\text{НЭЭТ} = 0,8\text{ЭЭТ} + 7^{\circ}\text{C}, \quad (9)$$

где ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура ЕТ по Миссенарду;

- биологически активная температура (БАТ)

$$\text{БАТ} = 0,8 \text{НЭЭТ} + 9^{\circ}\text{C}, \quad (10)$$

где НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура;

- индекс патогенности метеорологической ситуации по Бокше (I)

$$I = I_t + I_h + I_v + I_n + I_{\Delta t} + I_{\Delta t_s}, \quad (11)$$

где I_t – индекс патогенности температуры воздуха; $I_t = 0,02(18 - t)^2$ при $t \leq 18^{\circ}\text{C}$ и $I_t = 0,02(t - 18)^2$ при $t > 18^{\circ}\text{C}$; t – среднесуточная температура, $^{\circ}\text{C}$; $I_{\Delta t}$ – патогенность межсуточного изменения температуры Δt ; I_h – индекс патогенности влажности воздуха, h – среднесуточная относительная влажность (%); I_v – индекс патогенности ветра; v – среднесуточная скорость ветра (м/с); I_n – индекс патогенности продолжительности солнечного сияния; $n = 10 - 10S_{\phi}/S_{\text{max}}$; S_{ϕ} и S_{max} – соответственно

максимально возможная и фактическая продолжительность солнечного сияния по гелиографу; $I_{\Delta p}$ – индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления Δp . В.Г. Бокша предложил следующую рабочую формулу для расчета индекса патогенности метеорологической ситуации (баллы):

$$I = 10^{\frac{h-70}{20}} + 0,2v^2 + 0,06t^2 + 0,06(\Delta p)^2 + 0,3(\Delta t)^2 + I_t. \quad (12)$$

С целью оценки тенденций изменения значений биоклиматических показателей во времени рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ) и коэффициенты его детерминации R^2 для каждой станции ПФО. Величина R^2 показывает, каков вклад линейного тренда в общую изменчивость индекса. Тенденция изменения рассматриваемого биоклиматического показателя считалась статистически значимой, если ее уровень достоверности был равен 95% ($P=0,95$). При объеме выборки 39 лет это соответствует величине $R^2=10\%$.

Глава 3. Оценка биоклиматических условий Приволжского Федерального Округа.

Проанализированы результаты расчетов сезонного и годового пространственного распределения биоклиматических показателей с оценкой комфортности территории, которые позволили выявить закономерности и построить схемы их пространственного распределения.

Для оценки степени комфортности рассчитывалась **эффективная температура**, которая является характеристикой ощущения степени тепла или холода организмом полураздетого (до пояса) человека и является эмпирической функцией температуры и относительной влажности воздуха. Анализ полученных данных показывает, что на территории ПФО за холодный период (с ноября по март) ЭТ находится в пределах от $-10,9$ до $-4,1^\circ\text{C}$, что характеризует зимние условия на исследуемой территории как «холодно» с «умеренной» нагрузкой на организм человека. Распределение изолиний эффективной температуры в период с ноября по март на территории ПФО имеет практически меридиональный характер. Наименьшие значения ЭТ отмечаются в пунктах, расположенных на северо-востоке и юго-востоке ПФО, а наибольшие - на юго-западе исследуемой территории.

Значения ЭТ в теплый период (с мая по сентябрь) изменяются по территории от $11,0$ до $17,8^\circ\text{C}$, что характеризует биоклиматические условия как «прохладно» и «умеренно тепло» (с нагрузкой - комфортно). Расположение изолиний эффективной температуры имеет хорошо выраженный зональный характер. Исключением является восточная половина республики Башкортостан (РБ), где изотермы ЭТ ориентированы с севера на юг благодаря меридионально направленной горной

системе Южного Урала. К зоне «прохладно» по шкале эффективной температуры относится лишь северная часть и северо-восток Пермского края. На большей же части территории теплоощущения в теплый период характеризуются как «умеренно тепло». Самые благоприятные биоклиматические условия отмечаются на «южных» станциях. Число дней с комфортной погодой (по значениям ЭТ) за год колеблется от 34 на северо-востоке до 66 на юго-западе.

Значения КНЛТ среднегодовой ЭТ на территории ПФО имеют положительный знак и меняются от 0,04 до 0,52°C/10 лет. Заметное улучшение биоклиматических условий в течение года отмечается в центральных районах Башкортостана, на большей части Пермского края (КНЛТ ЭТ от 0,44 до 0,52°C/10лет, R^2 около 21-26%). Статистически незначимы за весь год величины КНЛТ рассматриваемого биоклиматического показателя в населенных пунктах, расположенных на большей части Оренбургской, Саратовской, Ульяновской и Самарской областей, Мордовии, в центре, на юго-западе и юго-востоке РТ, в центре и на западе Нижегородской и Пензенской области, а также на юго-востоке Кировской области, на востоке Пермского края и Удмуртии. На остальной территории Приволжского округа значения КНЛТ ЭТ статистически значимы и имеют положительный знак. Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с положительным знаком значительно выше, чем для тех же отрицательных, что говорит о большей статистической достоверности выводов для изменений биоклиматических условий на территории ПФО в сторону улучшения, в особенности в холодный период года.

Наиболее же часто используется **эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ)**, учитывающая комплексное влияние на человека температуры, влажности воздуха и скорости ветра. ЭЭТ – представляет собой сочетание метеовеличин, производящее тот же тепловой эффект, что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуре и оценивает теплоощущение обнаженного по пояс человека.

Анализ полученных результатов показывает, что на территории ПФО за холодный период ЭЭТ находится в пределах от -29,2 до -18,0°C, что характеризует зимние условия на исследуемой территории как «очень холодно» и «угроза обморожения» (рис.1). На большей части ПФО с ноября по март наблюдаются теплоощущения «очень холодно». Почти на всей территории Оренбургской области, Удмуртии, Пермского края и республики Татарстан (РТ), в северных, восточных и юго-восточных районах Кировской области, на севере, западе, юго-востоке РБ, согласно классификации ЭЭТ, расположена зона, где начинается «угроза обморожения». Наименьшие значения эквивалентно-эффективной температуры отмеча-

ются в пунктах, находящихся в восточной части Оренбургской области (Зауральская равнина). Пространственное распределение значений ЭЭТ на территории ПФО выявляет области, где данный показатель несколько выше большинства. К таковым относятся станции, расположенные в центральной и юго-восточной части Башкортостана, в западных районах Нижегородской области, на юге Пермского края, на юге и востоке Ульяновской области, в г.Саратов.

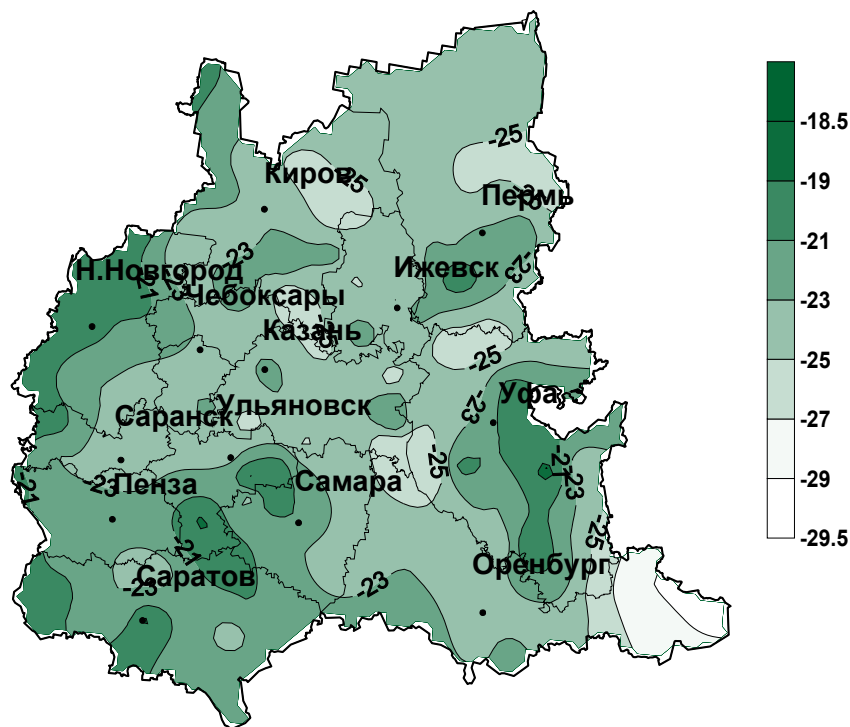


Рис.1. Эквивалентно-эффективная температура (°C) в холодный период (-18...-24°C - "очень холодно", <-24°C - "угроза обморожения").

Значения ЭЭТ в теплый период (май-сентябрь) изменяются по территории от 4,0 до 13,0 °C, что характеризует биоклиматические условия как «умеренно прохладно», «прохладно» и «комфортно (умеренно тепло)». Из рис.2 видно, что расположение изолиний эквивалентно-эффективной температуры имеет практически зональный характер. Северная и восточная части Кировской области, северные районы Пермского края, а также восток РБ, север Нижегородской области находятся в зоне «умеренно прохладно». На остальной, то есть на большей части, исследуемой территории теплоощущения в теплый период характеризуются как «прохладно». Исключением являются станции, имеющие более южное географическое расположение (ET от 12,1 до 13,0°C), где биоклиматические условия оцениваются как «комфортно (умеренно тепло)». Следует отметить также, что почти на всей горной территории РБ, исключая северные районы, изолинии ЭЭТ принимают азональный характер.

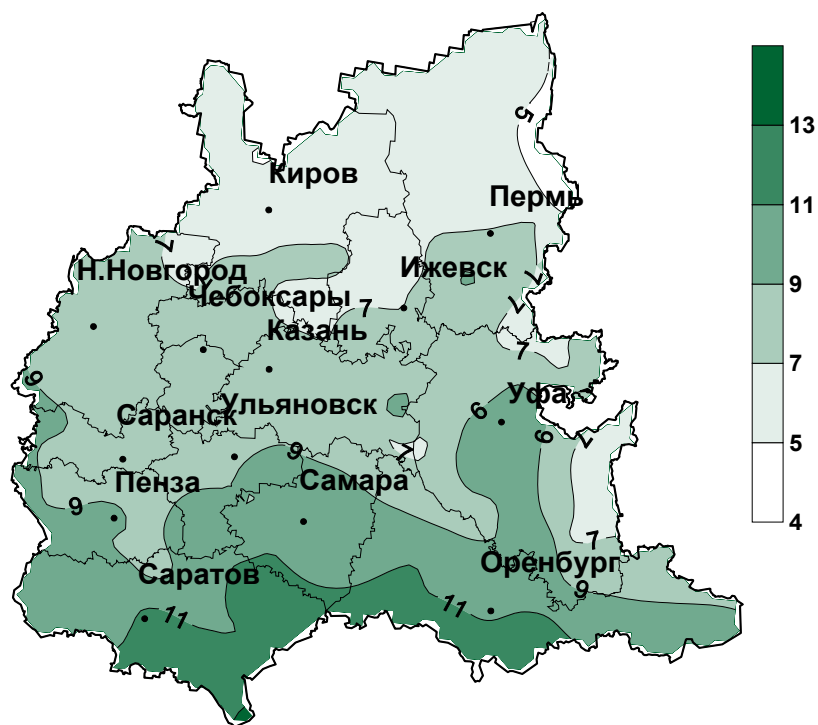


Рис.2. Эквивалентно-эффективная температура (°C) в теплый период (0,1°...6°C - "умеренно прохладно"; 6,1°...12°C - "прохладно"; 12,1°...18°C - комфорт, "умеренно-тепло").

Значения КНЛТ средней годовой эквивалентно-эффективной температуры на территории ПФО меняются от -0,21 до 2,01 °C/10лет. Заметное улучшение биоклиматических условий в течение года отмечается в центральных районах Башкортостана и Оренбургской области, на большей части Пермского края (КНЛТ ET от 1,74 до 2,01 °C/10лет, R^2 около 63-75%). Статистически незначимы за весь год величины КНЛТ рассматриваемого биоклиматического показателя на юго-западе РТ, в северной и центральной части Саратовской области, север, северо-запад и юго-восток РБ, юго-востоке Кировской области, западе Мордовии, западный и центральный районы Удмуртии, центр Пензенской области (рис.3). На остальной территории Приволжского округа значения КНЛТ ЭЭТ статистически значимы и имеют положительный знак. Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с положительным знаком значительно выше, чем для тех же отрицательных. Значения же ЭЭТ в январе на большей части территории изменяются в пределах 2,2-4,5 °C/10лет, а в июле в пределах 1,3-1,6 °C/10лет.

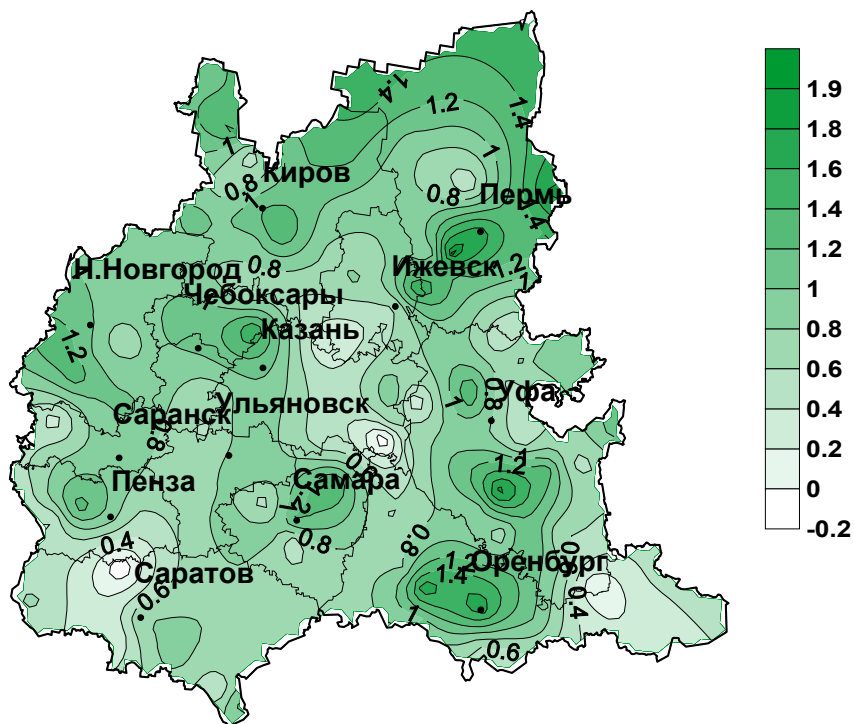


Рис.3. Значения КНЛТ средней годовой эквивалентно-эффективной температуры ($^{\circ}\text{C}/10\text{лет}$).

Биоклиматические показатели холодного периода. Для рекреационной оценки зимнего периода в данной работе использовался **индекс суровости погоды по Бодману**, определяющий условия, способствующие обморожению. Он определяется низкой температурой воздуха и скоростью ветра, которые особенно влияют на охлаждение не защищенной одеждой поверхности тела человека и на органы дыхания.

На территории ПФО значения индекса суровости Бодмана меняются от 1,7 до 2,4 балла, что характеризует зимние условия как «малосуровые» и «умеренно-суровые». При этом, значения индекса суровости на территории ПФО в холодный период года (с ноября по март) в пунктах, расположенных в центральной части Башкортостана, в западных районах Нижегородской области, на юге Пермского края, в Самарской и Ульяновской областях, восточной части республики Мордовия, оцениваются как «малосуровые». На остальной исследуемой территории зима характеризуется как «умеренно суровая» ($2 < S < 3$). Самые суровые условия (2,4 балла) зимнего периода наблюдаются на юго-востоке Приволжского округа (Зауральская равнина). Наименьшие значения индекса Бодмана (1,7 балла) в период с ноября по март соответствуют станциям, находящимся в горной местности Южного Урала республики Башкортостан и на юге Пермского края.

Число дней с суровой погодой с ноября по март колеблется от 0 до 24. Чаще всего суровые погодные условия отмечаются на востоке Оренбургской области (13-16% дней за холодный период).

Число дней с умеренно-суровой погодой ($2 < S < 3$) на исследуемой территории изменяется от 23 до 78 за холодный период. В более половины случаев (52-51%) с ноября по март такие условия отмечаются на востоке Оренбургской области, на Бугульминско-Белебеевской возвышенности и на юге Кировской области.

В целом, за холодный период значения КНЛТ индекса Бодмана за исследуемый период на территории Приволжского Федерального Округа меняются от -0,4 до 0,06 балла/10лет. Заметное улучшение биоклиматических условий зимой отмечается в центральных районах Оренбургской области и РБ, юге Марий Эл, юго-западе Пермского края, (КНЛТ индекса «S» от -0,4 до -0,29 балла/10лет, R^2 более 70%). Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с отрицательным знаком значительно выше, чем для тех же положительных, что говорит о большей статистической достоверности выводов для изменений суровости на территории ПФО в сторону смягчения.

Для оценки теплового состояния человека в холодный период используется также показатель **«приведенная температура»**, предложенный К.Ш.Хайруллиным и В.Н.Адаменко. Он характеризует теплопотери человека в зависимости от сочетания фактических значений температуры и скорости ветра, приравненные к теплопотерям той же температуры воздуха, но в условиях безветрия.

На территории ПФО приведенная температура находится в широком диапазоне значений от -19,7 до -29,4°C, что характеризует зимние условия на большей части исследуемых станций как дискомфортные с ограниченным временем прогулок и частичным ограничением пребывания ослабленных и больных людей на воздухе (рис.4). Условия значительного дискомфорта в зимний период в ПФО наблюдаются лишь на востоке Оренбургской области ($t_{прив} = -29,4$ и $29,1^\circ\text{C}$) (Зауральская равнина). Данный показатель несколько выше на станциях, расположенных в центральной части Башкортостана и Саратовской области, в западных районах Нижегородской области, на юге Пермского края, в восточной части республики Мордовия, на юге и востоке Ульяновской области. Достаточно низкие значения приведенной температуры отмечаются на станциях, находящихся на Бугульминско-Белебеевской возвышенности, на востоке и юго-востоке Кировской области, в центральной и юго-западной частях республики Татарстан.

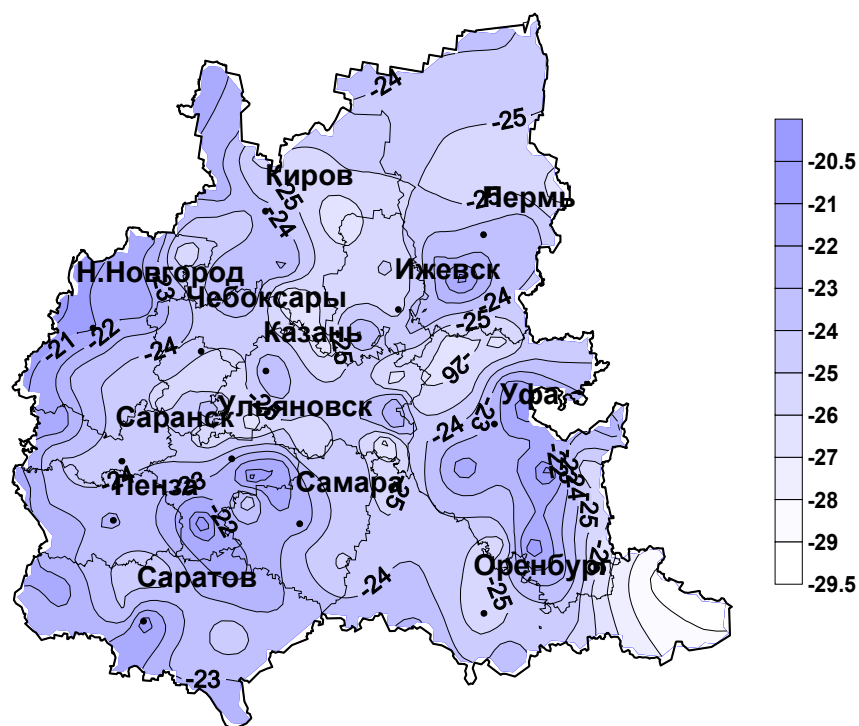


Рис.4. Приведенная температура (°C) в холодный период (-16°...-29°C - "дискомфорт"; -29°...-32°C - "значительный дискомфорт").

Значения КНЛТ приведенной температуры на территории ПФО меняются от -0,16 до 2,82 °C/10лет (рис.5).

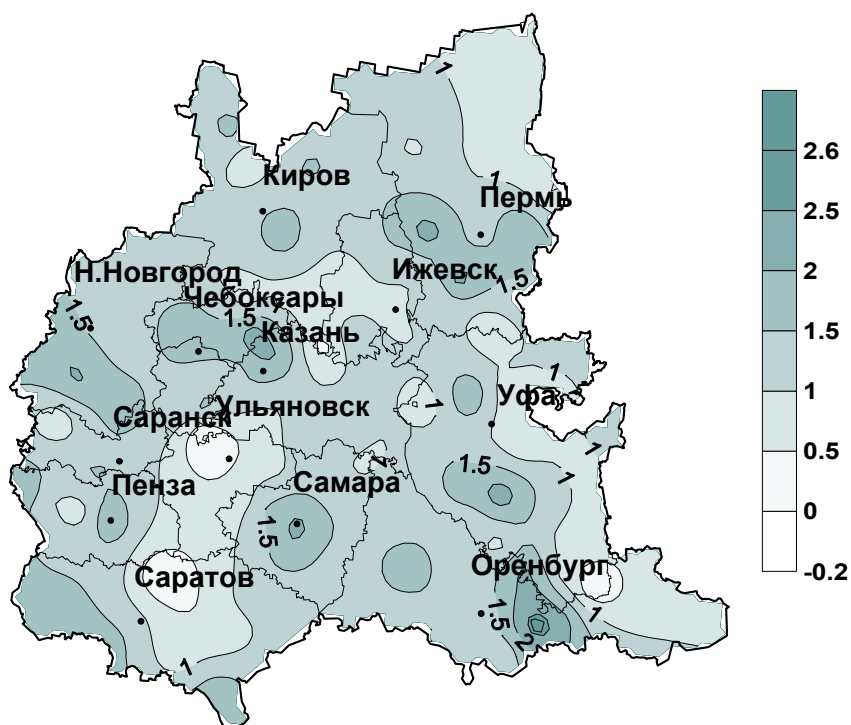


Рис.5. Значения КНЛТ приведенной температуры за холодный период (°C/10лет).

Заметное улучшение биоклиматических условий зимой отмечается в центральных районах Оренбургской области и РБ, юге Марий Эл, юго-западе Перм-

ского края (КНЛТ $t_{прив}$ от 2,28 до 2,82 °C/10лет, R^2 около 74-80%). При этом, в январе значения КНЛТ приведенной температуры на большей части территории ПФО меняется в пределах 1,3-3,8 °C/10лет.

Статистически незначимы за холодный период величины КНЛТ рассматриваемого биоклиматического показателя на юго-западе РТ, севере Саратовской области, юго-востоке и северо-западе РБ, юго-востоке Кировской области, в западной части Мордовии и Удмуртии, на востоке Пермского края. Значение коэффициента детерминации R^2 для КНЛТ с положительным знаком значительно выше, чем для тех же отрицательных, что говорит о большей статистической достоверности выводов для изменений суровости на территории ПФО в сторону смягчения.

Исследование особенностей суровости погодных условий на территории ПФО указывают на хорошую согласованность использованных методов Бодмана и Адаменко-Хайруллина. Более полной количественной характеристикой суровости климата являются оценки, полученные с учетом не только низких температур воздуха, но и скорости ветра и влажности воздуха. Для оценки суровости климата в работе также выбран **индекс влажного ветрового охлаждения по Хиллу**, размерность которого H_w выражается в мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$. Биоклиматический индекс H_w характеризует интенсивность потери тепла материальным телом или человеческим организмом в воздушном потоке с определенной температурой и влажностью. При невысоких положительных, а также отрицательных температурах воздуха влажный ветровой поток усиливает дискомфортное состояние человеческого организма. При высоких положительных температурах воздействие влажного ветрового потока уменьшает состояние дискомфорта человека.

На территории ПФО значения индекса влажного ветрового охлаждения по Хиллу меняются от 38 до 65,8 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$, что свидетельствует об отсутствии станций с абсолютно суровыми зимними условиями. На большей части исследуемой территории в холодный период отмечаются суровые погодные условия. Наибольшие значения индекса H_w наблюдаются в пунктах, расположенных в восточной части Оренбургской области (65,8 и 65 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$ соответственно). Погодные условия здесь за холодный период характеризуются как «экстремально суровые». Экстремально суровые погодные условия отмечаются также на большей части Чувашии, Оренбургской области, Марий Эл, Пензенской области, Мордовии и РТ. Сухость воздуха и слабые скорости ветра в течение холодного периода ослабляют дискомфортность климатических условий в центральных горных районах Башкортостана, на юге Пермского края, где по индексу Хилла зима относительно суровая и комфортная.

Суровость климата имеет ярко выраженную внутри- и межгодовую динамику. В целом, за холодный период (с ноября по март), значения КНЛТ индекса H_w на территории Приволжского округа меняются от -6,46 до 1,23 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}/10\text{лет}$. Заметное улучшение биоклиматических условий зимой отмечается в центральных районах Оренбургской области и РБ, юге Марий Эл, юго-западе Пермского края (КНЛТ H_w от -6,46 до -4,73 мкал $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}/10\text{лет}$, R^2 около 74-87%).

Исследование особенностей суровости погодных условий на территории Приволжского округа указывают на достаточно хорошую согласованность использованных методов Бодмана, Адаменко-Хайруллина, и Хилла.

Биоклиматические показатели летнего периода. Рекреационно-климатические ресурсы летнего периода позволяет оценивать предложенная Г.В.Шелейховским **радиационная эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ)** – показатель теплового ощущения человека под влиянием комплексного воздействия температуры и влажности воздуха, скорости ветра, энергетической освещенности солнечной радиацией. Значения РЭЭТ используются для характеристики климатолечебных свойств региона.

Для аналитической оценки теплоощущений одетого человека (летняя одежда одного типа) И.В.Бутевой была предложена нормальная эквивалентно-эффективная температура (НЭЭТ), учитывающая влияние температуры, влажности воздуха и скорости ветра. Комфортными приняты НЭЭТ в пределах от +17°C до +22°C.

Биологически активная температура окружающей человека среды (БАТ) позволяет определить комплексное воздействие на него температуры, влажности воздуха, скорости ветра, суммарной солнечной радиации, длинноволновой радиации подстилающей поверхности. Данный биоклиматический показатель предложен С.С.Андреевым (2005). Зона комфорта БАТ заключена в пределах от +10 до +20°C.

На территории ПФО значения РЭЭТ в теплый период (май-сентябрь) изменяются от 16,4 до 23,6°C, что характеризует погодные условия как «прохладный субкомфорт» и «комфортно-тепло». Расположение изолиний РЭЭТ имеет практически зональный характер. Температурные условия в пунктах, расположенных южнее изолинии 21°C, проходящей по северной части Саратовской и Самарской областей, по югу и востоку Ульяновской, по северным и восточным районам Оренбургской области, а также в центральной части Башкортостана, оцениваются как «комфортно-тепло». На остальной, то есть на большей части, исследуемой территории погодные условия в теплый период характеризуются как «прохлад-

ный субкомфорт». Исключением является северо-восток Пермского края, где летние условия оцениваются как «холодный дискомфорт» ($PЭЭТ=16,4^{\circ}C$). Наибольшие значения радиационно-эквивалентно-эффективной температуры ($PЭЭТ=23^{\circ}C$ и более) отмечаются на юго-востоке Саратовской области и в южной части Оренбургской. Следует отметить также, что почти на всей горной территории РБ, включая северные районы, изолинии $PЭЭТ$ принимают аazonальный характер.

Расположение изолиний **нормальной эквивалентно-эффективной температуры** ($HЭЭТ$) в теплый период года на территории ПФО также имеет практически зональный характер. Расчеты показали, что значения $HЭЭТ$ на исследуемых станциях с мая по сентябрь изменяются от $10,2$ до $17,4^{\circ}C$, что свидетельствует о недостаточном комфорте теплоощущений одетого человека. Исключением являются пункты, расположенные на юго-востоке Саратовской области, где $HЭЭТ$ достигает значений $17,4$ и $17,1^{\circ}C$ соответственно. Здесь в течение всего теплого периода «комфортно-тепло». Наименьшие значения рассматриваемого биоклиматического показателя отмечаются на станциях северо-востока Пермского края и севера Кировской области ($10,2$ и $10,8^{\circ}C$ соответственно). Следует отметить также, что на территории Южного Урала (в южной и восточной частях РБ) изолинии $HЭЭТ$ принимают аazonальный характер.

Распределение **биологически активной температуры** ($БАТ$) в теплый период года на территории ПФО имеет практически зональный характер, изменяясь от $17,1$ до $22,9^{\circ}C$, что свидетельствует о «комфортности» и «теплом дискомфорте» погодных условий. Территория южнее изолинии $БАТ=20^{\circ}C$, проходящей по центральным районам Нижегородской области, по северу Ульяновской области, южной части РТ, по центральным и восточным районам РБ, а также на юге Пермского края, востоке РТ и в Казани характеризуется незначительным превышением максимально комфортных условий по $БАТ$, составляющей $20,1-22,9^{\circ}C$. Максимальные значения рассматриваемого биоклиматического показателя отмечаются на самых южных станциях ПФО ($22,7^{\circ}-22,9^{\circ}C$), минимальные – на северо-востоке Пермского края и на севере Кировской области ($17,1$ и $17,6^{\circ}C$ соответственно). Следует отметить также, что на территории Южного Урала (в южной и восточной частях РБ) изолинии $БАТ$ принимают аazonальный характер.

В целом, теплый период характеризуется небольшими значениями $КНЛТ$ рассматриваемых показателей, которые имеют положительный знак практически на всей территории ПФО: от $-0,21$ до $1,03^{\circ}C/10\text{лет}$. Наиболее благоприятными биоклиматические условия в летнем периоде становятся на большей части Пермского края, Кировской области, а также в центральной части РБ. Величина $КНЛТ$ в этих

пунктах находится в пределах от 0,8 до 1,03 °C/10лет. Вклад линейного тренда в общую изменчивость РЭЭТ и НЭЭТ при этом составил 43-55%.

Глава 4. Сравнительная оценка биоклиматических ресурсов г. Казани и ее окрестностей.

Под влиянием комплекса антропогенных факторов внутри города сложились специфические климатические условия, которые заметно отличаются от пригорода. Поэтому различие влияния погодных условий на жизнедеятельность человека, проживающего в городской и сельской местности, не вызывает сомнений. Исследования проводились на основе ежечасных метеорологических измерений авиационной метеостанции гражданской (АМСГ) «Казань», находящейся в 25км к югу от Казани, и по данным станции Казань, университет, расположенной в центре города (2004-2007гг.).

Результаты расчетов ЭЭТ для теплого периода показывали, что наибольшее число дней в окрестности приходится на зону «прохладного субкомфорта» (53 дня). Чуть реже отмечаются дни со средней суточной ЭЭТ, характеризующие «комфортно-теплые» условия погоды и «холодовый дискомфорт». Иная картина наблюдается в городских условиях: большая часть периода с мая по сентябрь характеризуется по ЭЭТ как «комфортно-тепло» (77дней). «Прохладный субкомфорт» в Казани отмечается почти в 2 раза чаще «холодового дискомфорта».

Расчеты значений индекса Бодмана показывают, что в Казани в холодный период под действием острова тепла преобладают «мало суровые» и «умеренно суровые» погодные условия (67 и 73 дня соответственно). В окрестностях города наблюдаются более жесткие климатические условия: 66 дней «умеренно суровых» и 43 «суровых». Индекс $S > 4$ в городе практически не отмечается, а в окрестностях - в сумме составляет около 22 дней за зиму. Следует отметить, что суровых условий погоды на АМСГ «Казань» в холодный период года отмечается почти в 2 раза чаще, чем мало суровых. Несуровые и крайне суровые погодные условия практически не наблюдались в течение исследуемого периода.

Полученные результаты годовых значений приведенной температуры воздуха показывают, что в Казани и ее окрестностях в холодный период преобладают «дискомфортные» условия (87-91 день). «Значительный дискомфорт», «суровые» и «крайне суровые условия» погоды на АМСГ «Казань» в сумме отмечаются примерно в 3,5 раза чаще, чем на станции Казань, университет. «Относительный комфорт» в холодный период при приведенной температуре от 0 до -15°C и относительной влажности не выше 70% человеческий организм испытывает чаще в городских условиях острова тепла, нежели в окрестности.

Для оценки степени раздражающего действия изменений погоды на организм используется индекс патогенности метеорологической ситуации I, предложенный В.Г. Бокшей (1980). Согласно исследованию Е.Г. Головиной и В.И. Русанова (1993), большие значения индекса I сочетаются с неблагоприятными сдвигами параметров геодинамики организма. В зависимости от величины I погодные условия оцениваются как 0-9,9 – оптимальные, 10-16 – слабо раздражающие, 16,1-18 – умеренно раздражающие, 18-24 – сильно раздражающие, I>24 – острые.

Наиболее комфортные условия в Казани отмечаются в летнее время, а сильно раздражающие и острые возникают в холодный период времени года. Годовой ход индекса патогенности показывает, что наибольший «раздражающий» эффект погоды отмечается с ноября по март: максимум его формируется в окрестности Казани в феврале (41,2 балла), в городских условиях зафиксирован в январе (36,6 балла).

Таблица 1

Число дней с индексом патогенности I различных критериев по данным АМСГ "Казань" и станции Казань, университет за период 2004-2007гг.

Станция	АМСГ "Казань"												
Критерий	месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
0-9,9	0	0	0	8	12	21	24	26	16	7	1	0	115
10,0-16,0	0	0	1	9	6	6	4	3	9	4	2	0	44
16,1-18	0	0	2	2	2	1	1	1	1	3	1	0	14
18,1-24	1	2	6	5	1	1	1	1	4	9	5	4	39
>24	30	26	22	6	10	1	1	0	0	8	21	27	152
Станция	Казань, университет												
Критерий	месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
0-9,9	0	0	1	13	25	24	25	26	17	12	2	0	144
10,0-16,0	0	0	5	8	3	5	4	3	9	9	2	0	49
16,1-18	0	0	1	2	1	0	0	1	2	2	7	0	16
18,1-24	3	4	7	3	2	0	0	1	1	4	2	4	30
>24	28	24	17	4	0	1	2	0	1	4	17	27	125

В большую часть года условия погоды за пределами Казани оцениваются как «острые» (152 дня). Оптимальные условия наблюдаются реже – 115 дней за год. В городских же условиях ситуация обратная: число «комфортно-оптимальных» дней

превышает число с «острыми» погодными условиями (144 и 125 дня соответственно). Следует отметить также, что наиболее комфортным по значениям индекса патогенности на рассматриваемой территории является август (5,6 балла в Казани и 8,1 в окрестности).

В заключении сформулированы основные выводы по диссертационной работе:

1. Установлено, что распределение основных биоклиматических показателей на территории ПФО характеризуется сравнительно большой пространственной неоднородностью и временной изменчивостью в различные периоды года с формированием отдельных локальных очагов их значений, обусловленных процессами различного масштаба.

2. Комфортные погодные условия по эффективной температуре ($13,5^{\circ}$ - 18° С) с мая по сентябрь отмечаются на большей части ПФО. По эквивалентно-эффективной температуре «комфортно-тепло» ($12,1^{\circ}$ - 24° С) отмечается также с мая по сентябрь, при этом наиболее комфортные условия - лишь в июле. На станциях, имеющих самое южное расположение при этом наиболее вероятны условия термического перегрева.

3. По индексу суровости Бодмана (S) зима на большей части исследуемой территории характеризуется как «умеренно суровая». В центральной же части Башкортостана, в западных районах Нижегородской области, на юге Пермского края, в Самарской и Ульяновской областях, восточной части республики Мордовия, зимы оцениваются как «малосуровые». Значения приведенной температуры характеризуют зимние условия на большей части исследуемых станций как дискомфортные. Условия значительного дискомфорта в зимний период при сочетании низких температур и высоких скоростей ветра наблюдаются лишь в отдельных пунктах в восточной части Оренбургской области. Значения индекса влажного ветрового охлаждения по Хиллу (H_w) в холодный период на большей части ПФО оцениваются как «суровые», а в восточной части Оренбургской области - как «экстремально суровые».

4. По радиационно-эквивалентно-эффективной температуре (РЭЭТ) с мая по сентябрь биоклиматические условия на большей части исследуемой территории погодные условия характеризуются как «прохладный субкомфорт», на северо-востоке - как «холодный дискомфорт», а на юге и юго-востоке – как «комфортно-тепло». По величинам нормальной эквивалентно-эффективной температуры (НЭЭТ) территория ПФО в теплый период в основном относится к зоне недостаточно-

го комфорта. Значения же биологически активной температуры (БАТ) свидетельствуют о «комфортности» на большей части территории.

5. Коэффициенты наклона линейного тренда всех рассмотренных показателей свидетельствуют об улучшении биоклиматических условий в холодный период года на территории ПФО и стабильности в теплый. Так, их значения для ЭЭТ на большей части территории изменяются в пределах 2,2-4,5 °C/10лет в январе и 1,3-1,6 °C/10лет в июле.

6. Значения индекса патогенности (I) подтверждают, что в холодный период года, характеризующийся повышенной активностью синоптических процессов, создаются наиболее дискомфортные условия. Большую часть года погодные условия окрестностей Казани оцениваются как «острые». Формирование острова тепла в городских условиях способствует превышению числа «комфортно-оптимальных» дней и увеличению числа жарких дней (со средней суточной температурой $\geq 20^{\circ}\text{C}$). По этой же причине холодный период в Казани короче, а теплый более продолжительный, чем в ее окрестностях. Повторяемость сочетаний высокой температуры воздуха и большой влажности, называемых душной погодой, на АМСГ «Казань» в 3 раза ниже, чем в городских условиях, поэтому организацию отдыха и спортивных мероприятий следует проводить за чертой города.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рецензируемых ВАК:

1. **Исаева М.В.** Оценка биоклиматических ресурсов Казани и ее окрестностей в период 2004-2007 гг./М.В.Исаева//Ученые записки Казанского ун-та. Естественные науки.-2008.-Т.150.-Кн.4.-С.34-38.
2. Переведенцев Ю.П. Биоклиматическая характеристика республики Татарстан/Ю.П.Переведенцев, Э.П.Наумов, К.М.Шанталинский., Ф.В.Гоголь, **М.В.Исаева**// Ученые записки Казанского ун-та. Естественные науки.-2009.-Т.151.-Кн.3.- В печати.

Публикации в других изданиях:

Монографии

3. Переведенцев Ю.П. Прикладные показатели климата/Ю.П.Переведенцев, Ф.В.Гоголь, **М.В.Исаева**//Ю.П.Переведенцев, Э.П.Наумов, К.М.Шанталинский. - Климатические условия и ресурсы Республики Удмуртия.- Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2009.- 212 с.- [С.171-187].

4. Переведенцев Ю.П. Прикладные показатели климата/Ю.П.Переведенцев, Б.Г.Шерстюков, **М.В.Исаева**// Ю.П.Переведенцев, Б.Г.Шерстюков, Р.Х.Салахова.- Климатические условия и ресурсы Ульяновской области.- Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2008.- 209 с.- [С.175-190].
5. Переведенцев Ю.П. Прикладные показатели климата/Ю.П.Переведенцев, Ф.В.Гоголь, **М.В.Исаева**//Ю.П.Переведенцев, М.О.Френкель, Б.Г.Шерстюков. - Климатические условия и ресурсы Кировской области.- Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2009.- 250 с. [С.239-246].

Статьи и тезисы

6. Переведенцев Ю.П. Оценка биоклиматических ресурсов г. Казани и ее окрестностей/ Ю.П.Переведенцев, **М.В.Исаева**// Актуальные проблемы современных наук. Сборник трудов конференции. 27-28 июня 2008 г.- Болгария.- София, 2008.- [С.53-57].
7. **Исаева М.В.** Оценка биоклиматических условий Ульяновской области/ М.В.Исаева, Ю.П.Переведенцев// Геоэкологические проблемы Среднего Поволжья. Сб. научных трудов регионального научного семинара (23-24 мая 2008 г.).- Ульяновск, 2008.- 211 с. - [С. 68-70].
8. **Исаева М.В.** Оценка биоклиматических ресурсов г. Казани и ее окрестностей/М.В.Исаева// Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления. М-лы междунар. науч. конференции. Под ред. С.Я. Сергина. Изд-во «Стерх» - 2008 г.- Туапсе,- 2008.- 218 с. [С.94-97].
9. **Исаева М.В.** Пространственно-временная изменчивость основных биоклиматических показателей на территории Приволжского округа /М.В.Исаева// Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Сб. трудов Всероссийской научной конференции (19-22 мая 2009 г.) – Казань, - 2009.- Т.2.- 405 с. [С.116-120].